

29. 9. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

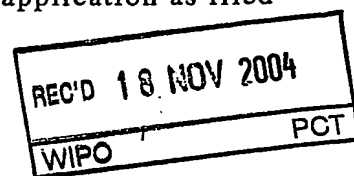
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 9 月 2 9 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 3 8 3 6 6
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 3 3 8 3 6 6]

出 願 人 株式会社東芝
Applicant(s):

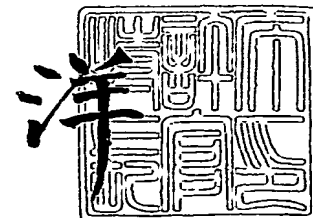


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 1 月 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願
【整理番号】 89B0370171
【提出日】 平成15年 9月29日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G01T 1/00
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝 横浜事業
 所内
 【氏名】 日塔 光一
【発明者】
 【住所又は居所】 栃木県大田原市下石上字東山 1 3 8 5 番の 1 株式会社東芝 那
 須電子管工場内
 【氏名】 野地 隆司
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝 横浜事業
 所内
 【氏名】 中山 邦彦
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝 横浜事業
 所内
 【氏名】 橘川 敬介
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝 本社事務所内
 【氏名】 阿部 素久
【特許出願人】
 【識別番号】 000003078
 【氏名又は名称】 株式会社 東芝
【代理人】
 【識別番号】 100078765
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 波多野 久
【選任した代理人】
 【識別番号】 100078802
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 関口 俊三
【選任した代理人】
 【識別番号】 100077757
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 猿渡 章雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100122253
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 古川 潤一
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 011899
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1

【物件名】

要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

光ファイバを束ねた構造を有する光学基板と、この光学基板に設けられて電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して発光し、かつ針状性または柱状性の結晶構造を有する針状性シンチレータと、この針状性シンチレータをコーティングし、かつ前記針状性シンチレータと反応する電磁波あるいは放射線と異なる種類またはエネルギーの電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して前記針状性シンチレータと異なる色で発光するコーティング用シンチレータとを備えることを特徴とするカラーシンチレータ。

【請求項 2】

光ファイバを束ねた構造を有する光学基板と、この光学基板に設けられて電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して発光し、かつ針状性または柱状性の結晶構造を有する針状性シンチレータと、この針状性シンチレータをコーティングし、かつ前記針状性シンチレータと反応する電磁波あるいは放射線と異なる種類またはエネルギーの電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して前記針状性シンチレータと異なる発光寿命で発光するコーティング用シンチレータとを備えることを特徴とするカラーシンチレータ。

【請求項 3】

光ファイバを束ねた構造を有する光学基板と、この光学基板に設けられて電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して発光し、かつ針状性または柱状性の結晶構造を有する針状性シンチレータと、この針状性シンチレータをコーティングし、かつ前記針状性シンチレータと反応する電磁波あるいは放射線と異なる種類またはエネルギーの電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して前記針状性シンチレータと異なる発光寿命および色で発光するコーティング用シンチレータとを備えることを特徴とするカラーシンチレータ。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のカラーシンチレータと、このカラーシンチレータにより生じた光を波長ごとに選別するフィルタ機構および受光するタイミングを調整するタイミング調整機構を具備し、カラーシンチレータにより生じた光を受光して電気信号に変換する受光センサとを備えることを特徴とするイメージセンサ。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のカラーシンチレータと、このカラーシンチレータにより生じた光を受光して電気信号に変換する受光センサと、電界の作用により電子を加速させることにより前記電気信号を増幅させる電気信号増幅手段と、この電気信号増幅手段により増幅された前記電気信号を画像に変換する出力側シンチレータとを備えることを特徴とするイメージセンサ。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のカラーシンチレータと、このカラーシンチレータにより生じた光を受光して電気信号に変換し、かつ光電面が電子レンズを形成させる曲率の受光センサと、電界の作用により電子を加速させることにより前記電気信号を増幅させる電気信号増幅手段と、この電気信号増幅手段により増幅された前記電気信号を画像に変換し、かつ前記光電面側が電子レンズを形成させる曲率の出力側シンチレータとを備えることを特徴とするイメージセンサ。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載され、前記放射線あるいは電磁波の入射側が平面で光の出力側が曲面の光学基板を有するカラーシンチレータと、このカラーシンチレータにより生じた光を受光して電気信号に変換し、かつ光電面が電子レンズを形成させる曲率の受光センサと、電界の作用により電子を加速させることにより前記電気信号を増幅させる電気信号増幅手段と、この電気信号増幅手段により増幅された前記電気信号を画像に変換し、かつ前記光電面側が電子レンズを形成させる曲率の出力側シンチレータとを備えることを特徴とするイメージセンサ。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のカラーシンチレータと、このカラーシンチレー

タにより生じた光を受光して電気信号に変換し、かつ光電面が電子レンズを形成させる曲率の受光センサと、電界の作用により電子を加速させることにより前記電気信号を増幅させる電気信号増幅手段と、この電気信号増幅手段により増幅された前記電気信号を画像に変換し、かつ前記光電面側が電子レンズを形成させる曲率を有する曲面であるとともに平面状の出力蛍光面を形成する出力側シンチレータとを備えることを特徴とするイメージセンサ。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載され、かつ前記光学基板が真空容器の一部を構成するカラーシンチレータと、このカラーシンチレータにより生じた光を受光して電気信号に変換し、かつ光電面が電子レンズを形成させる曲率の受光センサと、電界の作用により電子を加速させることにより前記電気信号を増幅させる電気信号増幅手段と、この電気信号増幅手段により増幅された前記電気信号を画像に変換し、かつ前記光電面側が電子レンズを形成させる曲率の出力側シンチレータとを備えることを特徴とするイメージセンサ。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のカラーシンチレータと、このカラーシンチレータにより生じた光を受光して電気信号に変換し、かつ光電面が電子レンズを形成させる曲率の受光センサと、電界の作用により電子を加速させることにより前記電気信号を増幅させる電気信号増幅手段と、この電気信号増幅手段により増幅された前記電気信号を電子の強度に応じて赤色、緑色、青色の発光割合の異なる光で構成される画像に変換し、かつ前記光電面側が電子レンズを形成させる曲率を有する曲面であるとともに平面状の出力蛍光面を形成する出力側シンチレータとを備えることを特徴とするイメージセンサ。

【書類名】明細書

【発明の名称】カラーシンチレータおよびイメージセンサ

【技術分野】

【0001】

本発明は、エネルギーや種類の異なる電磁波や放射線を識別可能に光に変換するカラーシンチレータおよびカラーシンチレータにより変換された光を画像化するイメージセンサに関する。

【背景技術】

【0002】

X線や γ 線等の放射線が物体を透過する際、物体内における放射線の吸収や散乱は、放射線が透過する物体の形状や物体を構成する物質の種類により異なる。そこで、この性質を利用して物体を透過した放射線の強度を測定し、映像化して写真、ビデオ録画、デジタルファイル化等の記録手段で記録することにより、物体内部の破損状態、変化あるいは充填状況等の情報を得ることができる。

【0003】

この物体を透過した放射線を利用することにより、物体や試料を破壊せずに物体や試料の内部の状態を測定する方法はラジオグラフィまたは非破壊放射線撮影法と呼ばれる。非破壊放射線撮影法の例としては、従来医療診断に利用される、レントゲン写真で人体の内部の状態を診察する方法が挙げられる。

【0004】

尚、非破壊放射線撮影法では、放射線の代わりに紫外線や光等の電磁波を用いることもできる。

【0005】

従来、医療診断や工業用非破壊検査に利用される非破壊放射線撮影法には、撮影系の感度を向上させたイメージセンサの1つである、図5に示すX線イメージインテンシファイヤ1が使用される。

【0006】

従来のX線イメージインテンシファイヤ1では、電磁波や放射線、例えばX線管2から放射されて物体を透過したX線E1が、管容器3の入射面4から管容器3内部に設けられたアルミニウム(A1)基板4を経由してヨウ化セシウム(CsI)等の材料で構成されたシンチレータ5に入射する。入射したX線E1をシンチレータ5と反応させて発光させることにより光に変換し、変換された光を受光センサ6において電気信号E2に変換する。

【0007】

次に、受光センサ6で変換された電気信号E2は、A1基板4で閉塞されたイメージインテンシファイヤ管7内部の真空領域8において、高電圧電源9と内部電極10との作用により形成された電界の作用で絞られるとともに増幅されて出力像寸法S1の電気信号E2となって陽極11側に導かれる。

【0008】

さらに、イメージインテンシファイヤ管7の端部に形成された蛍光体12の出力面から画像の電気信号E2が画像E3に変換されて出力され、蛍光体12の出力面にレンズ13を向けて設置されたカメラ14により物体の画像E3が撮影される。

【0009】

ここで、X線イメージインテンシファイヤ1の感度を向上させるために、シンチレータ5とX線E1との反応領域、すなわち管容器3の入射面4における入射面有効面積S2を大きくすることが考えられるが、入射面有効面積S2が大きくなるにつれて測定の位置分解能が低下する。すなわち、イメージセンサの感度と分解能は互いに一方を向上させようとするとは他方が低下するという関係にある。

【0010】

そこで、入射面有効面積S2、すなわちシンチレータ5の発光領域を大きくする代わり

に、光を電気信号 E 2 に変換した後、電気信号 E 2 を増幅するように考案されて従来使用されるものが X 線イメージインテンシファイヤ 1 である。すなわち、X 線イメージインテンシファイヤ 1 は、電気信号 E 2 の電子増幅機能を備えたイメージセンサとすることができる。

【0011】

一方、低感度で高解像度を得る方法として、放射線の照射時間を長くして積分機能により測定する方法が挙げられる。この方法には、フィルムや輝尽性蛍光シート等の記録媒体が使用される。しかし、フィルムや輝尽性蛍光シート等の記録媒体を使用した測定では、現像や読取り作業等の間接的な操作なしには物体の内部構造を画像データとして得ることができないため、リアルタイム性がない。

【0012】

ところで、種類やエネルギーの異なる放射線あるいは波長の異なる紫外線や光等の電磁波を物体に透過させて測定し、放射線や電磁波の違いによる測定値の違いを把握しようとする場合には、それぞれの各放射線や電磁波について個々に測定する必要がある。

【0013】

例えば、中性子線と X 線 E 1 とを使用して測定する場合には、中性子線に反応するシンチレータ 5 と X 線 E 1 に反応するシンチレータ 5 とを置換しなければならない。

【0014】

そこで、種類やエネルギーの異なる放射線あるいは波長の異なる電磁波を同時に測定できるように、放射線あるいは電磁波の特性を維持しつつ、種類やエネルギーの異なる放射線あるいは波長の異なる電磁波を色別で測定できるカラーシンチレータの構成や方法が考案される（例えば特許文献 1 および特許文献 2 参照）。

【0015】

この異なる放射線や電磁波を色別で測定できるカラーシンチレータを備えたイメージセンサにおいても、感度向上のために入射面有効面積 S 2 を拡大させる方法や、カラーシンチレータの発光により生じた光を受光センサで電気信号に変換する構成の場合には、X 線イメージインテンシファイヤ 1 やマイクロチャネルプレート等の電気増幅手段を備えたイメージセンサを用いて放射線や電磁波を電気信号に変換した後、変換された電気信号を電気増幅する方法が考案される。

【0016】

イメージセンサとして X 線イメージインテンシファイヤ 1 を使用した場合には、電子のエネルギーを増幅させるために図 6 に示すような放射状の等電位線 15 を有する可変視野型電子レンズ 16 がイメージインテンシファイヤ管内部の真空領域 8 に形成され、放射状に電子の軌道 17 が形成される。

【0017】

このため、X 線イメージインテンシファイヤ 1 を使用したイメージセンサでは、等電位線 15 の向きから幾何学的に放射線や電磁波の入力面であるカラーシンチレータと受光センサの光電変換面を曲面にしなければ電気信号 E 2 を電気増幅して画像 E 3 を結像させることができない。

【0018】

この結果、図 7 に示すように、放射線や電磁波、例えば X 線 E 1 と反応するカラーシンチレータの発光部分では、カラーシンチレータへの X 線 E 1 の入射角度が中心部分から外周部分に近づくにつれて次第に垂直方向から斜方向へと変化する角度となる。このため、カラーシンチレータの発光部分の外周部分近傍は中心部分近傍よりも解像度が低下する。

【0019】

図 7 において、例えば仮にカラーシンチレータの受光センサ 6 の光電面側の面が点線で示す面である場合には、カラーシンチレータの厚さが比較的薄いため、カラーシンチレータの発光部分の中心部分と外周部分とにおいて X 線 E 1 と反応するカラーシンチレータの反応領域の差が小さい。このため、解像度への影響が大きくなる場合もある。

【0020】

しかし、図 7 に示す実際のカラーシンチレータのように一定の厚さを有する場合には、カラーシンチレータの発光部分の外周部分では、カラーシンチレータに斜方向から X 線 E 1 が入射するため、中心部分よりも外周部分において X 線 E 1 と反応するカラーシンチレータの反応領域がより広がる。このため、カラーシンチレータの発光部分の外周部分に近づくにつれて、X 線 E 1 と反応して生じた発光成分が急激に大きくなり解像度の低下に繋がる。

【0021】

すなわち、カラーシンチレータの発光部分の外周部分における解像度を向上させるためには、X 線 E 1 のカラーシンチレータへの入射面を平面にする必要がある一方、受光センサ 6 において変換された電気信号を増幅させるためには、電子レンズ 16 を形成するためにカラーシンチレータを曲面にすることが不可欠である。

【0022】

しかしながら、このような相反する要求を同時に満足するカラーシンチレータや受光センサ 6 の構成あるいは構造は依然考案されていない。

【0023】

一方、イメージセンサとしてマイクロチャネルプレートを使用した場合には、マイクロチャネルプレートのチャンネル間隔がイメージセンサの分解能となる。このため、イメージセンサの分解能を向上させるためには、チャンネル間隔がミクロンサイズのマイクロチャネルプレートを作成する必要があるのみならず、チャンネル間の増幅特性をそろえなければならぬという課題がある。

【特許文献 1】米国特許第 6, 313, 465 号明細書

【特許文献 2】特開平 11-271453 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0024】

従来のシンチレータ 5 やイメージセンサにおいては、上述のように測定感度を向上させるために、解像度の低下が避けられない。同様に、電磁波、放射線の種類やエネルギーの違いに応じて色別に測定することができるカラーシンチレータを用いた構成においても、解像度を下げることなく同時に感度を向上させるために電気信号を増幅できるような構成あるいは方法が求められる。

【0025】

本発明はかかる従来の事情に対処するためになされたものであり、種類やエネルギーの異なる電磁波あるいは放射線を、より少ない線量あるいは光量でより効率よく同時に光に変換することができるカラーシンチレータを提供することを目的とする。

【0026】

また、本発明の他の目的は、種類やエネルギーの異なる電磁波あるいは放射線をカラーシンチレータにより同時に光に変換し、変換された光の解像度を低下させることなく効率良く増幅させて、放射線や電磁波の種類やエネルギーの違いによる測定値の違いをより高感度で把握できるイメージセンサを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0027】

本発明に係るカラーシンチレータは、上述の目的を達成するために、請求項 1 に記載したように、光ファイバを束ねた構造を有する光学基板と、この光学基板に設けられて電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して発光し、かつ針状性または柱状性の結晶構造を有する針状性シンチレータと、この針状性シンチレータをコーティングし、かつ前記針状性シンチレータと反応する電磁波あるいは放射線と異なる種類またはエネルギーの電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して前記針状性シンチレータと異なる色で発光するコーティング用シンチレータとを備えることを特徴とするものである。

【0028】

また、本発明に係るカラーシンチレータは、上述の目的を達成するために、請求項 2 に

記載したように、光ファイバを束ねた構造を有する光学基板と、この光学基板に設けられて電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して発光し、かつ針状性または柱状性の結晶構造を有する針状性シンチレータと、この針状性シンチレータをコーティングし、かつ前記針状性シンチレータと反応する電磁波あるいは放射線と異なる種類またはエネルギーの電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して前記針状性シンチレータと異なる発光寿命で発光するコーティング用シンチレータとを備えることを特徴とするものである。

【0029】

また、本発明に係るカラーシンチレータは、上述の目的を達成するために、請求項3に記載したように、光ファイバを束ねた構造を有する光学基板と、この光学基板に設けられて電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して発光し、かつ針状性または柱状性の結晶構造を有する針状性シンチレータと、この針状性シンチレータをコーティングし、かつ前記針状性シンチレータと反応する電磁波あるいは放射線と異なる種類またはエネルギーの電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して前記針状性シンチレータと異なる発光寿命および色で発光するコーティング用シンチレータとを備えることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0030】

本発明に係るカラーシンチレータによれば、種類やエネルギーの異なる電磁波あるいは放射線を、より少ない線量あるいは光量でより効率よく同時に光に変換することができる。

【0031】

また、本発明に係るイメージセンサによれば、種類やエネルギーの異なる電磁波あるいは放射線をカラーシンチレータにより同時に光に変換し、変換された光の解像度を低下させることなく効率良く増幅させて、放射線や電磁波の種類やエネルギーの違いによる測定値の違いをより高感度で把握することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

本発明に係るカラーシンチレータおよびイメージセンサの実施の形態について添付図面を参照して説明する。

【0033】

図1は本発明に係るイメージセンサの第1の実施形態を示す構成図である。

【0034】

イメージセンサの一例であるイメージインテンシファイヤ20は、レンズ21を備えたカラーカメラ22とともに管容器23に収納される。イメージインテンシファイヤ20は、高電圧電源24と一端が閉口で段差を有する管状のイメージインテンシファイヤ管25とを備え、イメージインテンシファイヤ管25の開口部はカラーシンチレータ26で閉塞される。

【0035】

イメージインテンシファイヤ管25の開口部に設けられたカラーシンチレータ26は、管容器23の開放部に配置される。そして、画像を得ようとする物体27を透過した電磁波や放射線、例えば管容器23外部に配置させたX線管28から放射されたX線E4が、カラーシンチレータ26に形成された平面状の入射面29に入射するように構成される。このため、カラーシンチレータ26の管容器23の外部に面した部位の面積が、X線E4の入射面有効面積S3となる。

【0036】

また、カラーシンチレータ26は、光学基板の一例としてのファイバーオプティクスプレート30にX線E4等の放射線や電磁波を光に変換する機能を備えたシンチレータ層31を設け、さらにシンチレータ層31を樹脂32で保護した構成である。そして、カラーシンチレータ26の樹脂32が、管容器23の開放部に配置されてX線E4の入射面29を形成する。

【0037】

カラーシンチレータ 26 のイメージインテンシファイヤ管 25 内部側には、所定の曲率を有する曲面が形成され、この曲面に受光センサ 33 が設けられる。この受光センサ 33 のカラーシンチレータ 26 側には、所定の曲率を有する光の入力面 34 が形成され、受光センサ 33 のイメージインテンシファイヤ管 25 内部側には、所定の曲率を有する光電面 35 が形成される。

【0038】

そして、X線 E4 の入射面 29 を形成する樹脂 32 に入射した X線 E4 が、シンチレータ層 31 において光に変換されてファイバーオプティクスプレート 30 を経由して受光センサ 33 において受光されるように構成される。

【0039】

また、イメージインテンシファイヤ管 25 の内部には、複数の内部電極 36 が設けられる。そして、イメージインテンシファイヤ管 25 内部の各内部電極 36 に、高電圧電源 24 により電圧を印加することにより、電界を形成できるように構成される。

【0040】

一方、イメージインテンシファイヤ管 25 内部の閉口端近傍には陽極 37 が設けられる。さらに、イメージインテンシファイヤ管 25 内部の閉口端側内面には、出力側シンチレータ 38 が設けられる。出力側シンチレータ 38 の受光センサ 33 側は、受光センサ 33 の光電面 35 の曲率に応じた所定の曲率の曲面が形成される一方、イメージインテンシファイヤ管 25 の閉口端側は平面状に形成される。

【0041】

出力側シンチレータ 38 は、イメージインテンシファイヤ管 25 内部の電子を光に変換する機能を有する。この際、出力側シンチレータ 38 には、電子の強度に応じて赤色、緑色、青色の発光割合の異なる光に変換できる機能、すなわちカラーシンチレータとしての機能が備えられる。

【0042】

そして、カラーシンチレータ 26 で閉塞されたイメージインテンシファイヤ管 25 の内部は、減圧されて真空領域 39 が形成される。すなわち、カラーシンチレータ 26 で閉塞されたイメージインテンシファイヤ管 25 はそれぞれ真空容器 40 の一部としての機能を兼ねる。

【0043】

この結果、イメージインテンシファイヤ管 25 は、受光センサ 33 の光電面 35 を陰極とする真空容器 40 を兼ねた放電管として機能し、かつ陽極 37 との間に電子レンズが形成される。すなわち、イメージインテンシファイヤ管 25、内部電極 36、高電圧電源 24、所要の曲面の陰極として機能する受光センサ 33 の光電面 35 および陽極 37 により電子レンズが形成されて電界の作用により電子を加速する電気信号増幅手段が構成される。

【0044】

そして、受光センサ 33 の入力面 34 において受光された光が電気信号 E5 に変換され、受光センサ 33 の光電面 35 から電気信号 E5 として放出された電子が、電子レンズの作用により出力像寸法 S4 の電気信号 E5 となって増幅されて出力側シンチレータ 38 に照射されるように構成される。

【0045】

また、イメージインテンシファイヤ管 25 の閉口端側には、物体 27 の画像を出力する出力側シンチレータ 38 の出力蛍光面 41 が平面状に形成され、出力側シンチレータ 38 の出力蛍光面 41 にカラーカメラ 22 のレンズ 21 が向けられる。そして、出力側シンチレータ 38 に照射された増幅電気信号 E5 は、カラー画像 E6 に変換されて出力蛍光面 41 において結像し、カラーカメラ 22 でカラー画像 E6 を撮影できるように構成される。

【0046】

次に、カラーシンチレータ 26 および受光センサ 33 の詳細構成例について説明する。

【0047】

図2は図1に示すカラーシンチレータ26および受光センサ33の拡大断面図である。

【0048】

カラーシンチレータ26は、例えばCMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) センサやCCD (Charge Coupled Device) センサ等の受光センサ33の入力面34側に設けられる。

【0049】

尚、CMOSセンサやCCDセンサ等の受光センサ33で変換した電気信号E5をイメージインテンシファイヤ管25内で増幅してからカメラで撮影する構成とせずに、CMOSカメラやCCDカメラ等の受光素子を備えたカメラでカラーシンチレータ26からの光を撮影するように構成してもよい。

【0050】

カラーシンチレータ26は、ファイバーオプティクスプレート30にシンチレータ層31を重ねて設けた構成である。このとき、ファイバーオプティクスプレート30とシンチレータ層31の境界面は平面状に形成される。すなわち、ファイバーオプティクスプレート30の光の入射側であるシンチレータ層31側は平面に形成される一方、光の出力側である受光センサ33側は曲面状に形成される。

【0051】

さらに、シンチレータ層31のファイバーオプティクスプレート30と逆側の面は平面状に形成されて、平面シート状の保護膜である樹脂32で保護される。

【0052】

カラーシンチレータ26のシンチレータ層31は針状性シンチレータ50をコーティング用シンチレータ51でコーティングした構成である。そして、ファイバーオプティクスプレート30側に針状性シンチレータ50が設けられ、針状性シンチレータ50のファイバーオプティクスプレート30と逆側の部位が、コーティング用シンチレータ51でコーティングされる。

【0053】

シンチレータ層31の針状性シンチレータ50は、一端が尖形となった針状性あるいは柱状性の結晶構造の複数のセルで構成される。このため、針状性シンチレータ50は、光ファイバを束ねた構造となる。針状性シンチレータ50内部の光はセル内部において全反射しながら1方向に進行するため、カラーシンチレータ26の感度の低下を抑制することができる。

【0054】

このため、さらに針状性シンチレータ50の厚さを増加させると、X線E4との反応領域が増加するためイメージインテンシファイヤ20の感度を向上させることができる。しかし、針状性シンチレータ50の厚さが十分に厚い場合には、斜方向から入射したX線E4と反応する針状性シンチレータ50の反応領域は垂直方向から入射したX線E4と反応する針状性シンチレータ50の反応領域よりも広くなるため、針状性シンチレータ50の周辺部分は中央部分に比べて解像度が低下する恐れがある。

【0055】

そこで、針状性シンチレータ50の厚さを増加させて感度を向上させても解像度の低下を少なく抑えるために、針状性シンチレータ50のX線E4の入射側は、コーティング用シンチレータ51によりコーティングされる。

【0056】

コーティング用シンチレータ51は、粒径が数ミクロンから数十ミクロンの複数種類の粉末状シンチレータ微粒子を組合せて構成される。このため、コーティング用シンチレータ51の作用によりX線E4の斜方向成分が軽減され、針状性シンチレータ50の厚さを増加させて感度を向上させても解像度の低下を少なく抑えることができる。

【0057】

ここで、シンチレータ層31の材料構成例について説明する。

【0058】

カラーシンチレータ 26 には、エネルギーや種類の異なる放射線や電磁波に対してそれぞれ異なる反応を示しようにエネルギーや種類の異なる放射線や電磁波の分離識別機能が備えられる。このため、カラーシンチレータ 26 のシンチレータ層 31 を構成する材料には、各エネルギーや種類の放射線や電磁波と反応する蛍光体が用いられる。

【0059】

すなわち、針状性シンチレータ 50 とコーティング用シンチレータ 51 は少なくとも互いに異なる蛍光体を含む。針状性シンチレータ 50 は、単一あるいは複数の蛍光体で構成され、コーティング用シンチレータ 51 も同様に単一あるいは複数の蛍光体で構成される。

【0060】

まず、異なる種類の放射線ないし電磁波を色別に同時測定する場合におけるカラーシンチレータ 26 の材料構成例について説明する。

【0061】

カラーシンチレータ 26 に入射させる放射線が、熱中性子線と X 線あるいは γ 線の場合には、熱中性子線に対して反応する元素を含む蛍光体と X 線あるいは γ 線に対して反応する元素を含む蛍光体とが選択される。

【0062】

熱中性子線に対して反応する元素を含む蛍光体としては、例えば熱中性子と (n, γ) 反応を起こすガドリニウム (Gd) 元素を含む蛍光体や熱中性子と (n, α) 反応を起こすホウ素 (^{10}B) やリチウム (^6Li) を含む蛍光体が挙げられる。

【0063】

Gd 元素を含む蛍光体に熱中性子線を入射させた場合には、熱中性子と Gd との熱中性子反応は反応断面積が比較的大きいため、蛍光体の厚さが 150 ミクロン程度であっても熱中性子線は蛍光体を透過することがないが、エネルギーの高い X 線や γ 線は、Gd 元素を含む蛍光体の厚さを 500 ミクロンにしても蛍光体を透過してしまう。

【0064】

ここで、受光センサ 33 が、CMOS センサあるいは CCD センサ等の受光センサ 33 である場合や、CMOS カメラや CCD カメラ等の受光素子を備えたカメラでカラーシンチレータ 26 からの光を撮影する構成の場合には、針状性シンチレータ 50 として受光変換効率が高いヨウ化セシウム CsI を用いることが有効である。

【0065】

そこで、熱中性子線との反応用の蛍光体としてユウロピウム活性化硫酸化ガドリニウム $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}(\text{Eu})$ で構成される赤色蛍光体をコーティング用シンチレータ 51 に用いることができる。

【0066】

一方、X 線や γ 線との反応用の蛍光体として CsI で構成される蛍光体を針状性シンチレータ 50 として用いることができる。CsI で構成される蛍光体としては、発光する光の主波長が 540 nm のタリウム活性化ヨウ化セシウム $\text{CsI}(\text{Tl})$ で構成される緑色蛍光体または発光する光の主波長が 420 nm のナトリウム活性化ヨウ化セシウム $\text{CsI}(\text{Na})$ で構成される青色蛍光体の 2 種類の蛍光体が主に挙げられる。

【0067】

尚、針状性シンチレータ 50 として CsI を用いた場合には、CsI は吸湿性を有し性能低下に繋がる恐れがあるため、CsI で針状性シンチレータ 50 を形成した後、保護用に炭化ケイ素 SiC 等の保護材でコーティングすることが望ましい。

【0068】

また、X 線や γ 線に対する感度を向上させるために $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}(\text{Eu})$ で構成される赤色蛍光体と CsI で構成される針状性シンチレータ 50 との間に熱中性子との反応断面積が小さい緑色蛍光体であるテルビウム活性化硫酸化ランタン $\text{La}_2\text{O}_2\text{S}(\text{Tb})$ や赤色蛍光体であるテルビウム活性化硫酸化イットリウム $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}(\text{Tb})$ をコーティング用シンチレータ 51 あるいは針状性シンチレータ 50 として設けて 3 層構造とすることも

可能である。

【0069】

すなわち、シンチレータ層31を $Gd_2O_2S(Eu)$ 、 $La_2O_2S(Tb)$ あるいは $Y_2O_2S(Tb)$ および CsI の3層構造とれば、シンチレータ層31は熱中性子と反応して赤色成分の光を発光する一方、X線あるいは γ 線と反応して緑色成分の光を発光するため、熱中性子線とX線や γ 線等の電磁波を色別に測定することができる。

【0070】

一方、カラーシンチレータ26に入射させる放射線が、 β 線とX線あるいは γ 線の場合には、 β 線に対して反応する元素を含む蛍光体とX線あるいは γ 線に対して反応する元素を含む蛍光体を選択される。

【0071】

β 線の飛程距離は、X線や γ 線の飛程距離と比較して短いため、カラーシンチレータ26に入射させる放射線が、熱中性子線とX線あるいは γ 線の場合に用いられるシンチレータ層31の材料構成と同一の材料構成のシンチレータ層31を用いることができる。

【0072】

また、 $Gd_2O_2S(Eu)$ で構成されるコーティング用シンチレータ51と CsI で構成される針状性シンチレータ50との間にGd元素を含まない赤色蛍光体のユウロピウム活性化硫酸化イットリウム $Y_2O_2S(Eu)$ や緑色蛍光体であるユウロピウム活性化硫酸化ランタン $La_2O_2S(Eu)$ を設けて3層構造のシンチレータ層31としても同様に β 線とX線あるいは γ 線を色別に分離させて同時に測定することができる。

【0073】

同様に、カラーシンチレータ26に入射させる放射線ないし紫外線が、紫外線とX線あるいは γ 線の場合にも、紫外線に対して反応する元素を含む蛍光体とX線あるいは γ 線に対して反応する元素を含む蛍光体を選択してシンチレータ層31を構成することにより、紫外線とX線あるいは γ 線を色別に分離させて同時に測定することができる。

【0074】

次に、異なるエネルギーの放射線ないし電磁波を色別に同時測定する場合におけるカラーシンチレータ26の材料構成例について説明する。

【0075】

異なるエネルギーの放射線ないし電磁波を色別に同時測定する場合には、シンチレータ層31を構成する元素のK吸収端の違いとエネルギー吸収係数や比重との関係が利用される。すなわち、放射線ないし電磁波、例えばX線のエネルギーが小さいほどシンチレータ層31を構成する元素のエネルギー吸収係数が大きく、シンチレータ層31を構成する元素の比重が大きい程、短い飛程距離で放射線ないし電磁波との反応量が多くなるという構成元素の性質を利用することができる。

【0076】

そこで、コーティング用シンチレータ51として赤色蛍光体である $Y_2O_2S(Eu)$ や $Gd_2O_2S(Eu)$ を用いることができる。 $Y_2O_2S(Eu)$ は比重4.9でK吸収端が17keVであり、 $Gd_2O_2S(Eu)$ は比重7.3でK吸収端が50.2keVである。

【0077】

また、針状性シンチレータ50には、緑色蛍光体である $CsI(Tl)$ が用いられる。

【0078】

さらに、感度を向上させるために緑色蛍光体である $CsI(Tl)$ と赤色蛍光体である $Y_2O_2S(Eu)$ や $Gd_2O_2S(Eu)$ との間に比重が7.9でK吸収端が69.5keVの緑色蛍光体であるタングステン酸カドミウム $CdWO_4$ を設けてシンチレータ層31を3層構造とすることが有効である。

【0079】

$CsI(Tl)$ 、 $CdWO_4$ および $Y_2O_2S(Eu)$ あるいは $Gd_2O_2S(Eu)$ の3層構造のシンチレータ層31にエネルギーの異なるX線が入射すると、シンチレータ層

31は、エネルギーの低いX線成分との反応により赤色の光が発光し、エネルギーの高いX線成分との反応により緑色の光が発光するように構成される。

【0080】

また、コーティング用シンチレータ51として赤色蛍光体である $Y_2O_2S(Eu)$ や $Gd_2O_2S(Eu)$ を、針状性シンチレータ50として青色蛍光体である $CsI(Na)$ をそれぞれ用いるとともに、K吸収端が69.5keVで比重が6.1の青色蛍光体であるタングステン酸カルシウム(灰重石) $CaWO_4$ を設けて3層構造とすれば、エネルギーの異なるX線を赤色の光と青色の光とに分離させて変換することができる。

【0081】

次に、異なるエネルギーや種類の放射線ないし電磁波を色別ではなく、蛍光体の発光寿命の違いを利用して同時に測定する場合におけるカラーシンチレータ26の材料構成例について説明する。

【0082】

シンチレータ層31を発光寿命、すなわち輝度が1/10になるまでに要する時間の異なる蛍光体で構成することにより、異なるエネルギーや種類の放射線ないし電磁波を識別することができる。

【0083】

例えば、針状性シンチレータ50として用いられる青色蛍光体である $CsI(Na)$ の発光寿命は $0.63\mu s$ であり比較的と短いが、 $CsI(Na)$ と発光色が同じ青色である青色蛍光体の $CaWO_4$ の発光寿命は $10\mu s$ であり $CsI(Na)$ の発光寿命よりも十分に長い。

【0084】

このため、 $CsI(Na)$ と $CaWO_4$ とで構成されるシンチレータ層31にエネルギーの異なるX線をパルス照射すれば、 $CsI(Na)$ と $CaWO_4$ の発光色が互いに同じ青色であるものの、X線をエネルギーごとに識別可能に観測することができる。すなわち、画像の観測をシンチレータ層31のX線との反応による発光時間よりも遅くすれば、 $CsI(Na)$ と $CaWO_4$ の発光色が互いに同じ青色であるものの、 $CsI(Na)$ と $CaWO_4$ の発光寿命の相違により、光が $CsI(Na)$ の発光によるものか $CaWO_4$ の発光によるものかを識別することができるため、エネルギーの異なるX線をエネルギーごとに同時に観測することができる。

【0085】

同様に、緑色蛍光体である $Y_2O_2S(Tb)$ の発光寿命は2.7msであり、赤色蛍光体である $Y_2O_2S(Eu)$ の発光寿命は2.5msである。このため、発光寿命の異なる蛍光体でシンチレータ層31を構成すれば、観測時間を調整することにより放射線あるいは電磁波をエネルギーあるいは種類ごとに観測することができる。

【0086】

さらに、発光寿命のみならず発光色の異なる蛍光体でシンチレータ層31を構成することにより、カラーシンチレータ26の識別性能を向上させることができる。

【0087】

一方、カラーシンチレータ26の樹脂32には、例えばポリエチレンテレフタレート等の材料が用いられる。樹脂32の色が白色の場合には、カラーシンチレータ26で発光した光を受光センサ33側に反射させる反射膜としての機能を有するため、感度向上が望める。

【0088】

また、樹脂32の色が無色透明の場合や樹脂32の材質が紫外線に対して透過しやすい材質の場合には、紫外線から短波長の光までの電磁波を励起光源として測定することが可能となる。例えば、放射線やレーザー光と物質が反応して発光した紫外線を信号として検出するイメージセンサを構成する場合や紫外線を光源とする紫外線顕微鏡等のイメージセンサを構成する場合に利用できる。

【0089】

また、ファイバーオプティクスプレート 30 は、針状性シンチレータ 50 の構造に整合するように光ファイバを束ねた構造であり、複数の柱状に形成される。このため、ファイバーオプティクスプレート 30 は、光を減衰させることなく伝送する機能を有する。すなわち、受光センサ 33 として受光面が平面の CMOS センサや CCD センサを用いれば、レンズ等の非効率な伝送手段ではなく、光を効率的に伝送可能なファイバーオプティクスプレート 30 を光学基板として用いることができる。

【0090】

また、ファイバーオプティクスプレート 30 は、シンチレータ層 31 を透過した X 線等の放射線を遮蔽する機能を有する。すなわち、測定対象が X 線や β 線等の放射線の場合には、シンチレータ層 31 を透過した放射線により CMOS センサや CCD センサ等の受光センサ 33 が損傷される恐れがある。そこで、受光センサ 33 を放射線から遮蔽させるためにファイバーオプティクスプレート 30 が設けられる。

【0091】

さらに、受光センサ 33 で変換された電気信号 E5 を増幅させるために電子レンズを形成させるためには、カラーシンチレータ 26 で閉塞されたイメージインテンシファイヤ管 25 の内部を真空状態としなければならない。そこで、例えば、一定の強度を有する細いガラスを複数本束ねたファイバーオプティクスプレート 30 をカラーシンチレータ 26 の光学基板として用いることにより、イメージインテンシファイヤ管 25 の内部を真空状態に保つことができるように、カラーシンチレータ 26 に所要の強度を付加させることができる。

【0092】

また、受光センサ 33 には、カラーフィルタ等のフィルタ機構 52 とタイミング調整機構 53 とが設けられる。受光センサ 33 のフィルタ機構 52 は、受光させる光の波長を選別する機能を有する。このため、受光センサ 33 は、カラーシンチレータ 26 で発光した種々の波長の光から所要の波長の光を選別して受光することができる。すなわち、カラーシンチレータ 26 でエネルギーや種類の異なる放射線や電磁波が色別に光に変換された場合には、適切に放射線や電磁波を識別できるように光を電気信号 E5 に変換することができる。

【0093】

また、受光センサ 33 のタイミング調整機構 53 は、カラーシンチレータ 26 で発光した光を受光するタイミングを調整する機能を有する。このため、カラーシンチレータ 26 でエネルギーや種類の異なる放射線や電磁波が発光寿命の異なる蛍光体により光に変換された場合には、適切なタイミングで光を受光し、放射線や電磁波を識別できるように光を電気信号 E5 に変換することができる。

【0094】

タイミング調整機構 53 の例としては、受光のタイミングと測定時間ゲートをコントロールするためのタイミング調整回路が挙げられる。

【0095】

次に、イメージインテンシファイヤ 20 の作用について説明する。

【0096】

まず、エネルギーや種類の異なる電磁波や放射線が画像化しようとする物体 27 に照射される。例えば、X 線管 28 から画像化しようとする物体 27 にエネルギーの異なる X 線 E4 が放射される。このため、物体 27 を透過した X 線 E4 は、イメージインテンシファイヤ 20 のカラーシンチレータ 26 に形成された X 線 E4 の入射面 29 に入射する。

【0097】

カラーシンチレータ 26 の入射面 29 に入射した X 線 E4 は、樹脂 32 の一例である白色ペットを透過してシンチレータ層 31 内部に入射し、シンチレータ層 31 は入射した X 線 E4 と反応して発光する。このとき、X 線 E4 の一部は、コーティング用シンチレータ 51 を透過して針状性シンチレータ 50 に入射するため、コーティング用および針状性シンチレータ 50 の双方が X 線 E4 と反応して発光する。

【0098】

ここで、コーティング用シンチレータ51に用いられる蛍光体と針状性シンチレータ50に用いられる蛍光体は、互いに種類やエネルギーの異なる放射線あるいは電磁波に対して反応するように構成されているため、各蛍光体は、それぞれ高エネルギーのX線E4および低エネルギーのX線E4と反応して発光する。

【0099】

例えば、異なる発光色の蛍光体がコーティング用シンチレータ51および針状性シンチレータ50に用いられている場合には、各蛍光体は、それぞれ高エネルギーのX線E4および低エネルギーのX線E4と反応して異なる色を発光させる。

【0100】

また、異なる発光寿命の蛍光体がコーティング用および針状性シンチレータ50に用いられている場合には、各蛍光体は、それぞれ高エネルギーのX線E4および低エネルギーのX線E4と反応して異なる発光寿命で発光させる。

【0101】

このため、コーティング用シンチレータ51および針状性シンチレータ50において、X線E4はエネルギーごとに識別可能に光に変換される。

【0102】

ところで、シンチレータ層31に入射したX線E4のエネルギーが高い場合には、X線E4と反応するコーティング用シンチレータ51の領域が広がるため、コーティング用シンチレータ51内部においてエネルギーを失わずに透過して針状性シンチレータ50に到達するX線E4の割合が増加する。

【0103】

また、コーティング用シンチレータ51との反応量が小さいエネルギーのX線E4は、コーティング用シンチレータ51を透過して針状性シンチレータ50に到達する。

【0104】

しかし、コーティング用シンチレータ51と針状性シンチレータ50の界面は凹凸形状となっているため、コーティング用シンチレータ51で発光した光は、効率的に針状性シンチレータ50の内部に入射する。さらに、樹脂32は白色の白色ペットで構成されているため、樹脂32側に散乱した光は、白色ペットで反射して針状性シンチレータ50に入射する。

【0105】

針状性シンチレータ50に入射した光および針状性シンチレータ50でX線E4と反応して発光した光は、針状性シンチレータ50の柱状のセル内部を全反射しながらファイバーオプティクスプレート30および受光センサ33側に進行する。このため、針状性シンチレータ50内部において光の散乱が抑制される。

【0106】

すなわち、針状性シンチレータ50は、光ファイバを束ねた構造であるため、光ファイバ内部を進行する光と同様に散乱が抑制される。このため、針状性シンチレータ50内部の画像信号である光を、解像度を低下させることなく一定の方向、すなわちファイバーオプティクスプレート30および受光センサ33に伝達させることができる。

【0107】

針状性シンチレータ50を経由した光は光ファイバを束ねた構造のファイバーオプティクスプレート30内部を針状性シンチレータ50内部と同様に全反射しながら進行して受光センサ33に到達する。

【0108】

ここで、針状性シンチレータ50をも透過したエネルギーの大きいX線E4は、ファイバーオプティクスプレート30内部において減衰せしめられる。すなわち、ファイバーオプティクスプレート30により受光センサ33に向かうX線E4が遮蔽される。

【0109】

次に、シンチレータ層31で発生した光は、ファイバーオプティクスプレート30を経

由して受光センサ 33 の受光面で受光され、光電面 35 において電気信号 E 5 に変換される。この際、受光センサ 33 のフィルタ機構 52 により受光させる光の波長が調整されるとともにタイミング調整機構 53 により光を受光させるタイミングが調整される。このため、シンチレータ層 31 において異なる色あるいは発光寿命で生じた光は、受光センサ 33 のフィルタ機構 52 およびタイミング調整機構 53 により選別せしめられる。

【0110】

そして、受光センサ 33 において変換させた電気信号 E 5 は、カラーシンチレータ 26 で閉塞されたイメージインテンシファイヤ管 25 の内部の真空領域 39 に導かれる。すなわち、イメージインテンシファイヤ管 25 は、受光センサ 33 の光電面 35 を陰極とする真空容器 40 を兼ねた放電管として機能し、電気信号 E 5 は、電子となって陽極 37 側に進行する。

【0111】

この際、イメージインテンシファイヤ管 25 の内部の内部電極 36 には、高電圧電源 24 により印加された電圧の作用により電界が形成される。さらに、受光センサ 33 の光電面 35 の曲率と出力側シンチレータ 38 の曲率とに応じた電子レンズが、イメージインテンシファイヤ管 25 内部の受光センサ 33 の光電面 35 と陽極 37 との間に形成される。

【0112】

この結果、イメージインテンシファイヤ管 25 の内部の真空領域 39 に導かれた電子は、電界の作用により加速されて陽極 37 側に進行し、出力側シンチレータ 38 に照射される。この際、電気信号 E 5 は電子レンズの作用により出力像寸法 S 4 の画像の電気信号 E 5 に増幅される。

【0113】

次に、出力側シンチレータ 38 において、電気信号 E 5 はカラー画像 E 6 に変換されて出力蛍光面 41 において結像し、カラーカメラ 22 により撮影される。この結果、物体 27 を透過した X 線 E 4 はエネルギーごとに異なる色または発光寿命の光により構成されたカラー画像 E 6 に画像化され、エネルギーの異なる X 線 E 4 によりそれぞれ物体 27 内部の状況を確認することができる。

【0114】

この際、出力側シンチレータ 38 を電子の強度に応じて赤色、緑色、青色の発光割合の異なる光に変換できるカラーシンチレータとすることにより、発光寿命の異なる蛍光体から生じた光は時間に応じてそれぞれの強度の電子となって出力側シンチレータ 38 に照射されるため、出力側シンチレータ 38 の出力蛍光面 41 には放射線あるいは電磁波のエネルギーあるいは種類ごとに異なる色でカラー画像 E 6 が出力される。

【0115】

イメージインテンシファイヤ 20 のカラーシンチレータ 26 によれば、シンチレータ層 31 を針状性あるいは柱状性の針状性シンチレータ 50 と微粒子状のコーティング用シンチレータ 51 とで構成したため、シンチレータ層 31 で生じた光の進行方向が限定されて損失が低減されるとともに、放射線ないし電磁波とシンチレータ層 31 との反応領域の広さが均一化され、解像度を低下させることなく感度を向上させることができる。

【0116】

また、カラーシンチレータ 26 では、シンチレータ層 31 を構成する針状性シンチレータ 50 とコーティング用シンチレータ 51 とを、それぞれ互いにエネルギーや種類の異なる電磁波や放射線と反応して色ないし発光寿命の異なる光を発生させる蛍光体で構成したため、同時にエネルギーや種類の異なる放射線ないし電磁波を識別可能に画像化することができる。

【0117】

さらに、カラーシンチレータ 26 をエネルギーや種類の異なる電磁波や放射線との反応により発光色および発光寿命の双方が異なる蛍光体で構成することにより、より高感度でエネルギーや種類の異なる電磁波や放射線を同時に画像化することができる。

【0118】

また、イメージインテンシファイヤ20によれば、従来曲面であったシンチレータ層31を平面としたため、シンチレータ層31の周辺部の解像度を低下させることなくシンチレータ層31の厚さを厚くして感度を向上させることができる。さらに、従来イメージインテンシファイヤ20の課題となっていた中心部と周辺部の解像度の差を小さくするとともに、放射線や電磁波の入射面有効面積S3を大きくとることが可能である。

【0119】

同様にイメージインテンシファイヤ20によれば、出力側シンチレータ38の受光センサ33側を電子レンズを形成させるために所定の曲率を有する曲面とする一方、カラーカメラ22側の出力蛍光面41を平面状に形成することにより、歪の少ない画像を得ることが可能となる。

【0120】

また、イメージインテンシファイヤ20によれば、受光センサ33として、平面型のCMOSセンサやCCDセンサを用いることにより、シンチレータ層31において変換された光をレンズ等の伝送手段ではなく、ファイバーオプティクスプレート30により受光センサ33に伝送させることができる。このため、イメージインテンシファイヤ20では、より明瞭な画像を得ることができる。

【0121】

また、一般的には、真空容器40を形成させるための部品と、真空容器40内部に設けられる受光センサ33や内部電極36等の部品は、個々の部品として取扱われる。

【0122】

一方、イメージインテンシファイヤ20は、カラーシンチレータ26の光学基板であるファイバーオプティクスプレート30によりイメージインテンシファイヤ管25を閉塞して真空領域39を形成する構造であるため、従来イメージインテンシファイヤ管25を閉塞するために用いられた不透明なA1基板が不要となる。

【0123】

このため、イメージインテンシファイヤ20によれば、白色あるいは透明な樹脂32を保護膜としてカラーシンチレータ26に設けることが可能となり、低エネルギーのX線や紫外線、短波長の光等のエネルギーの小さい放射線や電磁波に対する感度を向上させることができる。特に従来問題となっていた低エネルギーの放射線や電磁波のA1基板による吸収を回避させて、感度の低下を抑制することができる。

【0124】

図3は、構成の異なる複数のシンチレータを用いて得られた物体の画像の一例を示す図である。

【0125】

図3において、矢印1で示す部位は、物体を透過したX線をGd₂O₂S(Eu)で構成した赤色シンチレータのみで光に変換してCCDカメラで撮影して得られた画像である。

【0126】

矢印2.5で示す部位は、ファイバーオプティクスプレート30にCsI(Tl)で構成される針状性シンチレータ50を設け、針状性シンチレータ50をGd₂O₂S(Eu)の赤色シンチレータで構成されるコーティング用シンチレータ51でコーティングした後、さらに白色ペットで構成される樹脂32で保護したカラーシンチレータ26によりX線を光に変換してCCDカメラで撮影して得られた画像である。

【0127】

矢印2.1で示す部位は、ファイバーオプティクスプレート30にCsI(Tl)で構成される針状性シンチレータ50を設け、針状性シンチレータ50をGd₂O₂S(Eu)の赤色シンチレータで構成されるコーティング用シンチレータ51でコーティングしたカラーシンチレータ26、すなわち樹脂32で保護されないカラーシンチレータ26によりX線を光に変換してCCDカメラで撮影して得られた画像である。

【0128】

矢印 1. 6 で示す部位は、ファイバーオプティクスプレート 30 に CsI (T1) で構成される針状性シンチレータ 50 を設けた、従来使用される高感度シンチレータにより X 線を光に変換して CCD カメラで撮影して得られた画像である。

【0129】

尚、 Gd_2O_2S (Eu) で構成される赤色シンチレータの厚さは約 70 ミクロン、CsI (T1) の厚さは約 500 ミクロンとした。

【0130】

また、各矢印の数字は、赤色シンチレータの発光量を 1 に規格化したときの、各カラーシンチレータ 26 の相対発光量を示す。すなわち、矢印 2. 5 で示すファイバーオプティクスプレート 30、CsI (T1)、 Gd_2O_2S (Eu)、白色ベツで構成されるカラーシンチレータ 26 の発光量は、赤色シンチレータの発光量の 2. 5 倍であることを示す。

【0131】

同様に、矢印 2. 1 で示すファイバーオプティクスプレート 30、CsI (T1)、 Gd_2O_2S (Eu) で構成されるカラーシンチレータ 26 の発光量は、赤色シンチレータの発光量の 2. 1 倍であり、矢印 1. 6 で示すファイバーオプティクスプレート 30、CsI (T1) で構成されるカラーシンチレータ 26 の発光量は、赤色シンチレータの発光量の 1. 6 倍であることを示す。

【0132】

図 3 によれば、ファイバーオプティクスプレート 30 および CsI (T1) で構成され、従来使用される高感度シンチレータに、 Gd_2O_2S (Eu) や白色ベツを構成要素として加えることにより、より輝度が向上することが分かる。

【0133】

特に、ファイバーオプティクスプレート 30、CsI (T1)、 Gd_2O_2S (Eu)、白色ベツで構成されるカラーシンチレータ 26 では、ファイバーオプティクスプレート 30 および CsI (T1) で構成され、従来使用される高感度シンチレータよりも輝度が 60 % 向上していることが分かる。

【0134】

尚、ファイバーオプティクスプレート 30、CsI (T1)、 Gd_2O_2S (Eu)、白色ベツで構成されるカラーシンチレータ 26 の厚さは、ファイバーオプティクスプレート 30 および CsI (T1) で構成される高感度シンチレータの厚さより約 10 % 厚い。

【0135】

しかし、ファイバーオプティクスプレート 30 および CsI (T1) で構成される高感度シンチレータでファイバーオプティクスプレート 30、CsI (T1)、 Gd_2O_2S (Eu)、白色ベツで構成されるカラーシンチレータ 26 の輝度と同等の輝度を得るためには、ファイバーオプティクスプレート 30 および CsI (T1) で構成される高感度シンチレータの厚さを最低でも 500 ミクロンから 800 ミクロン以上にしなければならない計算となる。

【0136】

尚、カラーシンチレータ 26 や高感度シンチレータに斜方向から X 線の照射がある場合には幾何学的に解像度が厚さに比例して最大 60 % 程度低下することが知られる。このため、ファイバーオプティクスプレート 30 および CsI (T1) で構成される高感度シンチレータの厚さを増加させてファイバーオプティクスプレート 30、CsI (T1)、 Gd_2O_2S (Eu)、白色ベツで構成されるカラーシンチレータ 26 の輝度と同等の輝度を得たとしても斜方向から入射する X 線の解像度の低下が避けられないということが分かる。

【0137】

一方、ファイバーオプティクスプレート 30、CsI (T1)、 Gd_2O_2S (Eu)、白色ベツでカラーシンチレータ 26 を構成すれば、厚さを極端に増加させずに斜方向

から入射する X 線の解像度の低下を抑制しつつ感度を向上できることが分かる。

【0138】

尚、イメージインテンシファイヤ 20 において、光学基板としてファイバーオプティクスプレート 30 の代わりにガラスを用いてもよい。また、カラーカメラ 22 の代わりにカラー受光センサ 33 等の画像化手段を設けてもよい。さらに、出力側シンチレータ 38 をカラーシンチレータとせず単色の蛍光体で構成し、カラーカメラ 22 の代わりにカメラや受光センサ 33 等の画像化手段で単色画像としてとして撮影する構成としてもよい。

【0139】

また、電気信号増幅手段は、電子レンズにより電気信号 E5 を増幅させる構成のみならず、その他の方法を利用した電気信号増幅手段であってもよい。

【0140】

また、受光センサ 33 にタイミング調整機構 53 やフィルタ機構 52 を設けない構成としてもよい。さらに、受光センサ 33 にタイミング調整機構 53 を設けずに、カラーカメラ 22 のゲートの時間を調節することにより異なる発光寿命の蛍光体の発光により得られたカラー画像 E6 を分離する構成としてもよい。

【0141】

例えば、中性子と X 線ないし γ 線をカラーシンチレータ 26 に入射させて同時に画像化する場合において、熱中性子と反応する緑色蛍光体である $Gd_2O_2S(Tb)$ をコーティング用シンチレータ 51 として、熱中性子と反応せずに X 線や γ 線と反応する青色蛍光体である $CsI(Na)$ を針状性シンチレータ 50 としてカラーシンチレータ 26 を構成する一方、出力側シンチレータ 38 を電子線の強度に応じて赤色、緑色、青色の発光割合の異なる光を出力蛍光面 41 に発光する $Y_2O_2S(Eu)$ で構成されるカラーシンチレータとすれば、カラーカメラ 22 の入力ゲートを調整して発光時間を遅らせることにより、放射線ごとに色別にカラー画像 E6 で同時撮影することができる。

【0142】

このため、中性子と X 線ないし γ 線をカラーシンチレータ 26 に入射させる場合のように、シンチレータ層 31 において色別に光に変換されたとしても、光を電気信号 E5 に変換して増幅する際に色情報が失われ、増幅後の電気信号 E5 からは放射線の種類が識別できないという従来の問題が解決される。

【0143】

図 4 は本発明に係るイメージセンサの第 2 の実施形態を示す構成図である。

【0144】

尚、図 4 に示すイメージセンサ 60 において、図 1 に示すイメージインテンシファイヤ 20 と同等の構成には同符号を付してある。

【0145】

イメージセンサ 60 は、カラーシンチレータ 26 とカラーカメラ 22 とを暗箱 61 内部に配置した構成である。暗箱 61 には開放部が設けられ、この暗箱 61 の開放部にカラーシンチレータ 26 が、暗箱 61 外部からの X 線を入射させることができるように入射面 29 を暗箱 61 外部に向けて配置される。

【0146】

カラーシンチレータ 26 は、光学基板としての鉛ガラス 62 にシンチレータ層 31 を重ねて設けた構成である。このとき、鉛ガラス 62 とシンチレータ層 31 の境界面は平面状に形成される。さらに、シンチレータ層 31 の鉛ガラス 62 と逆側の面は平面状に形成されて、平面シート状の樹脂 32 で保護される。

【0147】

カラーシンチレータ 26 のシンチレータ層 31 は針状性あるいは柱状性の複数のセルで構成される針状性シンチレータ 50 をコーティング用シンチレータ 51 でコーティングした構成である。そして、鉛ガラス 62 側に針状性シンチレータ 50 が設けられ、針状性シンチレータ 50 の鉛ガラス 62 と逆側の部位が、コーティング用シンチレータ 51 でコーティングされる。

【0148】

また、カラーシンチレータ26の鉛ガラス62の暗箱61内部側は平面状に形成され、鉛ガラス62に対向する位置にカラーカメラ22が配置される。

【0149】

すなわち、イメージセンサ60のカラーシンチレータ26は、図2に示すカラーシンチレータ26の光学基板であるファイバーオプティクスプレート30を鉛ガラス62に置換した構成である。

【0150】

一般的にファイバーオプティクスプレート30の透過率は、透過する電磁波や放射線の波長にも依存するが、同じ厚さの鉛ガラス62の透過率よりも光学特性上小さい。

【0151】

そこで、カラーシンチレータ26で発光した光を直接確認できる場合には、カラーシンチレータ26の光学基板を鉛ガラス62として、カラーシンチレータ26で発光した光をカラーカメラ22で撮影する構成とすることにより感度を向上させることができる。

【0152】

また、カラーシンチレータ26の光学基板として鉛ガラス62を利用することにより、カラーシンチレータ26に入射した電磁波や放射線がカラーカメラ22に入射しないように遮蔽することができる。

【0153】

このため、イメージセンサ60では、図1に示すイメージインテンシファイヤ20と同様に解像度の低下を抑制しつつ感度を向上させることができるのみならず、カラーカメラ22等の撮影系を電磁波や放射線から保護することができる。

【0154】

尚、イメージインテンシファイヤ20およびイメージセンサ60において、測定対象としてX線に限らず、短波長の光や紫外線等の電磁波および γ 線や中性子線等の放射線を用いてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0155】

【図1】本発明に係るイメージセンサの第1の実施形態を示す構成図。

【図2】図1に示すカラーシンチレータおよび受光センサの拡大断面図。

【図3】構成の異なる複数のシンチレータを用いて得られた物体の画像の一例を示す図。

【図4】本発明に係るイメージセンサの第2の実施形態を示す構成図。

【図5】従来のX線イメージインテンシファイヤの構成図。

【図6】図1に示すX線イメージインテンシファイヤにより形成される電子レンズの構造を示す図。

【図7】図1に示すカラーシンチレータの発光部分の拡大構成図。

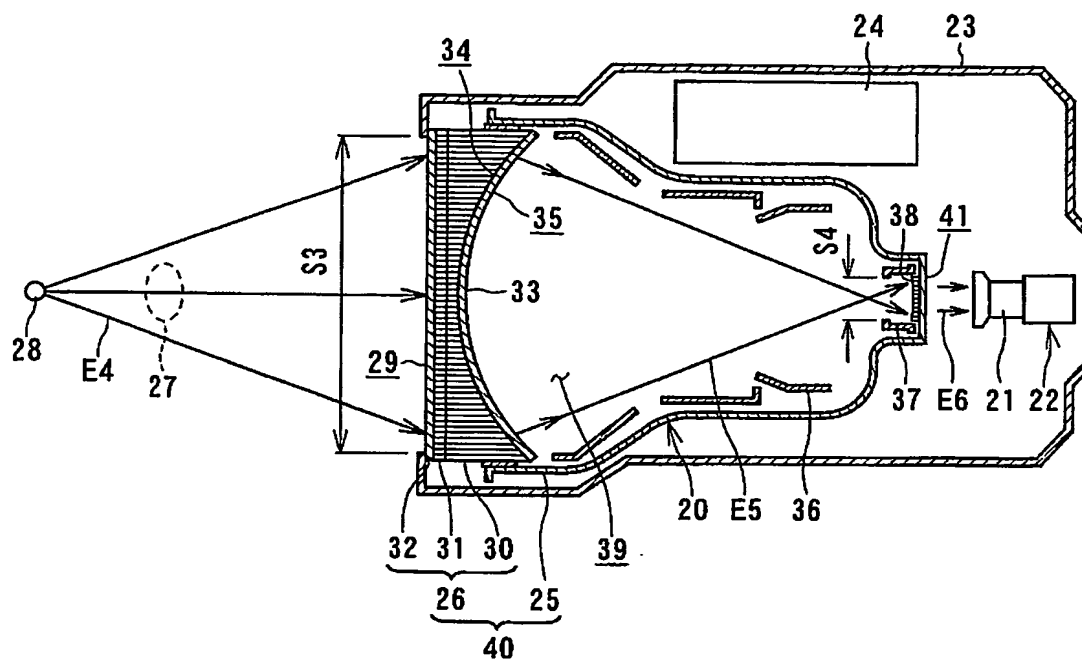
【符号の説明】

【0156】

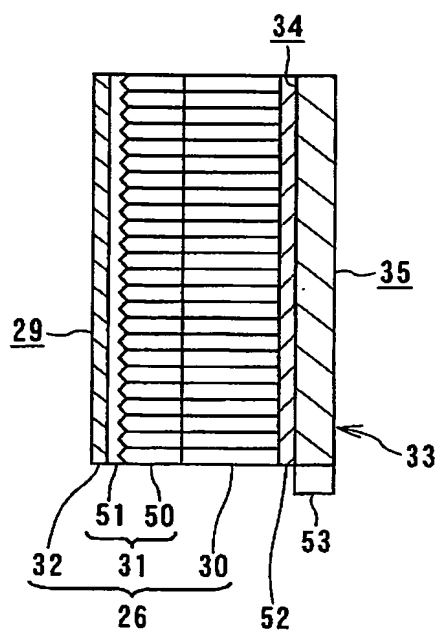
- 20 イメージインテンシファイヤ
- 22 カラーカメラ
- 24 高電圧電源
- 25 イメージインテンシファイヤ管
- 26 カラーシンチレータ
- 27 物体
- 29 入射面
- 30 ファイバーオプティクスプレート
- 31 シンチレータ層
- 32 樹脂
- 33 受光センサ

3 4 入力面
 3 5 光電面
 3 6 内部電極
 3 7 陽極
 3 8 出力側シンチレータ
 3 9 真空領域
 4 0 真空容器
 4 1 出力蛍光面
 5 0 針状性シンチレータ
 5 1 コーティング用シンチレータ
 5 2 フィルタ機構
 5 3 タイミング調整機構
 6 0 イメージセンサ
 6 2 鉛ガラス
 E 4 X線
 E 5 電気信号
 E 6 カラー画像

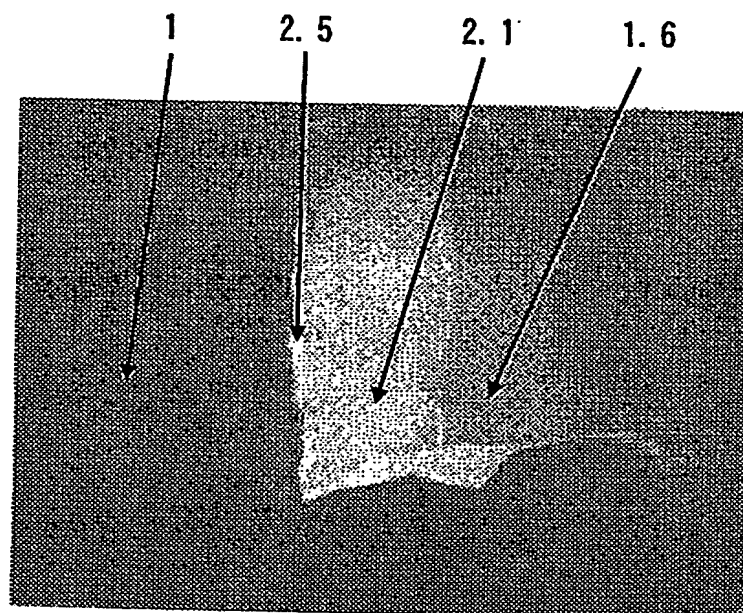
【書類名】 図面
【図 1】



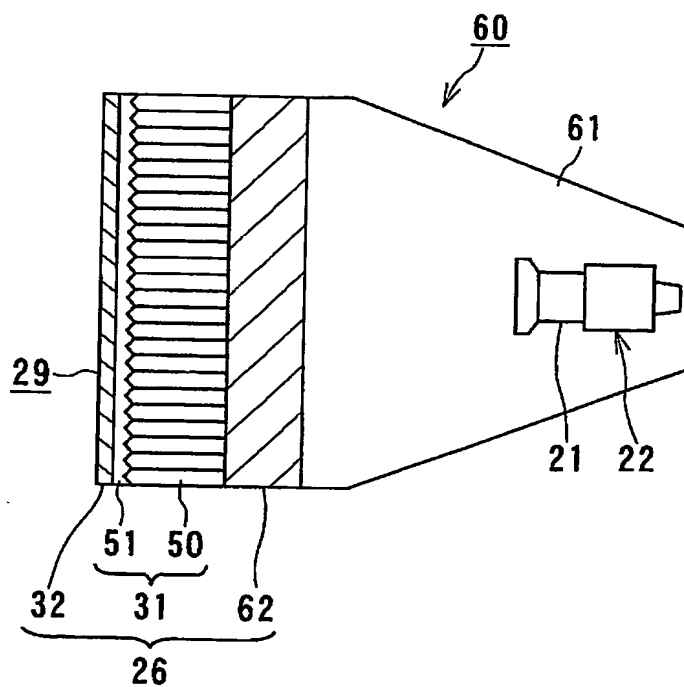
【図 2】



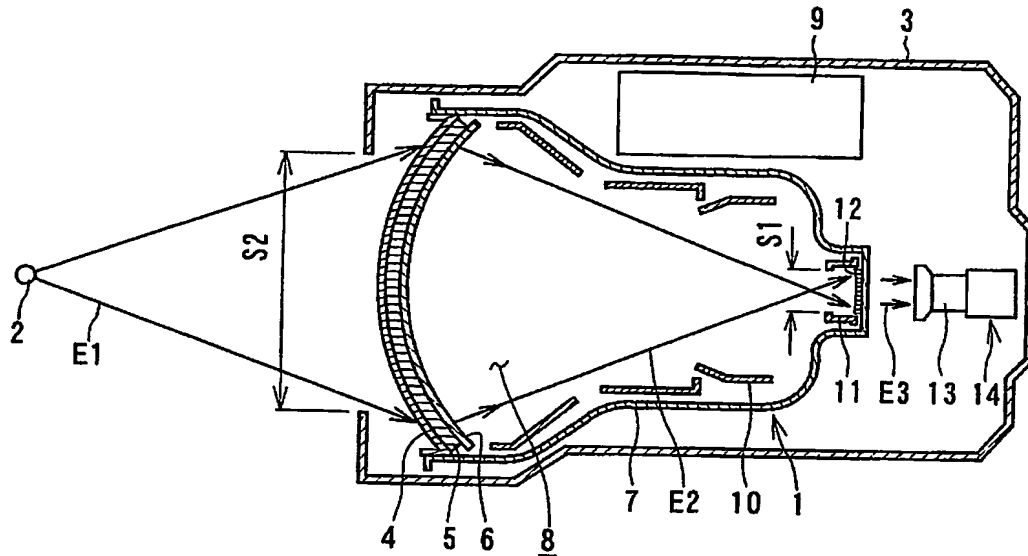
【図 3】



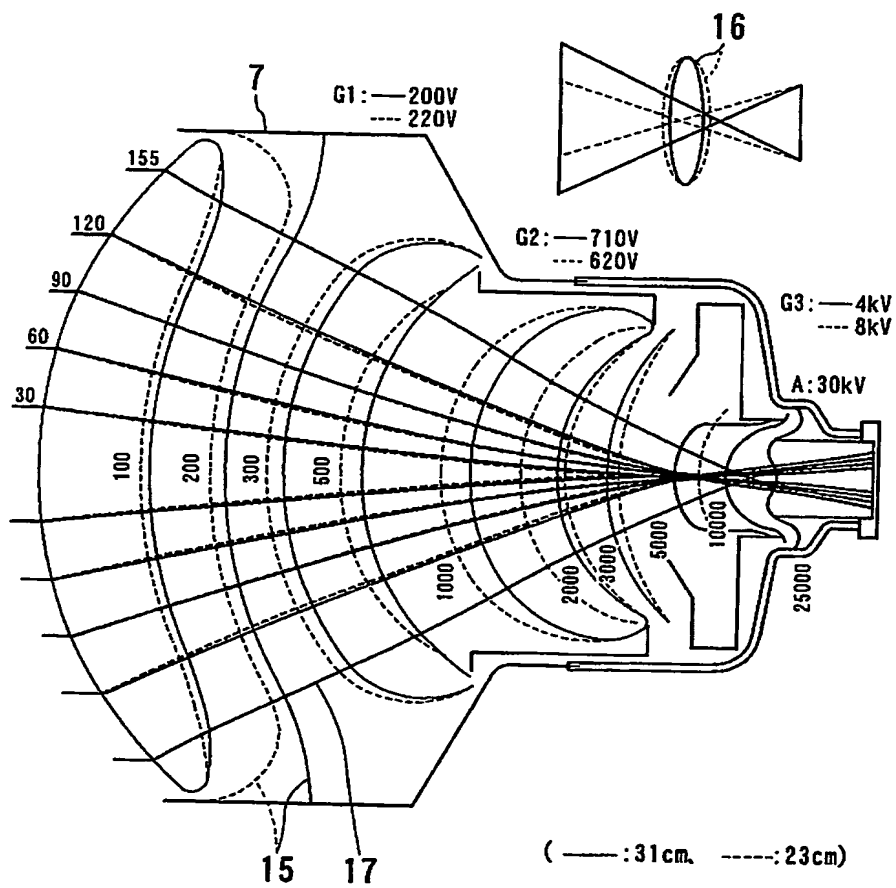
【図 4】



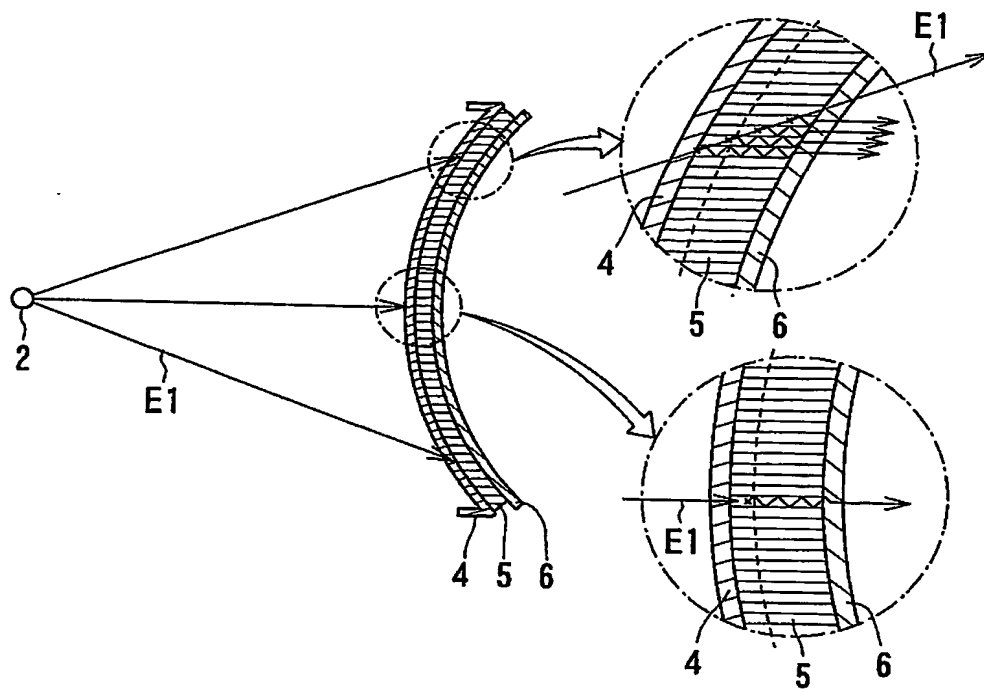
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】種類やエネルギーの異なる電磁波あるいは放射線を、より少ない線量あるいは光量でより効率よく同時に光に変換することができるカラーシンチレータである。

【解決手段】カラーシンチレータ 26 は、光ファイバを束ねた構造を有する光学基板 30 と、光学基板 30 に設けられて電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して発光し、かつ針状性または柱状性の結晶構造を有する針状性シンチレータ 50 と、この針状性シンチレータ 50 をコーティングし、かつ針状性シンチレータ 50 と反応する電磁波あるいは放射線と異なる種類またはエネルギーの電磁波および放射線の少なくとも一方と反応して針状性シンチレータ 50 と異なる色で発光するコーティング用シンチレータ 51 とを備える。

【選択図】 図 2

特願 2003-338366

ページ： 1/E

出願人履歴情報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日

2001年 7月 2日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目1番1号

氏 名

株式会社東芝

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.